

## Impiego di compost-tea come bioagrofarmaci e biostimolanti in ortofrutticoltura

Massimo Zaccardelli<sup>1\*</sup>, Catello Pane<sup>1\*</sup>, Riccardo Scotti<sup>1\*</sup>, Assunta Maria Palese<sup>2</sup> e Giuseppe Celano<sup>2</sup>

<sup>1</sup> CRA-ORT Centro di Ricerca per l'Orticoltura, Azienda Sperimentale di Battipaglia (SA)

<sup>2</sup> Dipartimento di Scienze dei Sistemi Colturali, Forestali e dell'Ambiente, Università della Basilicata

Ricezione: 16 marzo 2012 ; Accettazione: 15 maggio 2012

### Use of compost-teas as biopesticides and biostimulants in horticulture

**Abstract.** Composting is a biological process where biodegradable organic compounds are transformed into compost. In the last years, in agriculture, the use of new products derived from compost, such as compost-tea (CT) is increasing, due to their positive effects on the crops. In particular, they show positive effects both on biological control of diseases and on stimulating plant growth, with subsequent interesting improvement of quantity and quality of crop productions. CT is produced from compost by extraction and/or fermentation processes, conducted in liquid phase, for a period of time from few hours to two weeks, with or without active aeration and with or without the addition of nutrients (molasses, casein, etc.). These factors influence the effectiveness of the product, in particular the quality of its biotic and abiotic component. Indeed, the presence in the CT of soluble organic molecules, such as humic substances, and useful microorganisms, such as bacteria, fungi, protozoa and nematodes, have positive effects on suppression of diseases and on plant growth promotion. As result of a growing need of a sustainable agriculture and food security, the use of CT is increased. These formulates have shown important suppressive capability and can improve the efficiency of absorption of mineral nutrients, influencing plant physiology. The goal of this work is to illustrate principal results about the use of CT in plant protection and growth promotion in horticulture.

**Key words:** disease suppressiveness, liquid state fermentation, organic matter, plant nutrition, sustainable agriculture.

### Introduzione

Il compostaggio è un processo bio-ossidativo attraverso il quale i residui organici biodegradabili sono trasformati in compost, prodotto stabile ed altamente umificato, che trova largo impiego in agricoltura per gli effetti positivi che sortisce, sia sulla crescita che sulla protezione delle colture. Tra i sistemi di compostaggio sicuri ed innovativi idonei alla produzione di compost di qualità, oltre a quelli industriali, si annoverano quelli basati sulle tecnologie *on-farm* (Zaccardelli *et al.*, 2010), che hanno aperto la strada al reimpiego di differenti tipologie di scarti agricoli. Correntemente, il compost viene proposto come ammendante per migliorare la struttura fisica, la fertilità biologica e la soppressività naturale dei suoli (Albiach *et al.* 2000; Zaccardelli *et al.*, 2011); come fonte di nutrimento per le piante, in sostituzione dei fertilizzanti minerali (Zaccardelli *et al.*, 2006); come sostituto della torba nella miscelazione dei substrati di crescita per il vivaio (Carmona *et al.*, 2012) e come agente di *bioremediation* per il recupero ed il disinquinamento dei suoli marginali (Hickman e Reid, 2008). Negli ultimi anni, inoltre, stanno emergendo concrete possibilità di impiego di nuovi preparati organici derivati dai compost. Tra questi, è possibile annoverare le sostanze umiche (miscele di acidi umici ed acidi fulvici) estratte dai compost mediante un processo chimico-fisico. Tali molecole organiche solubili sembrano avere un effetto diretto su alcuni processi metabolici delle piante, grazie alla loro particolare struttura molecolare (Diver e Greer, 2001; Morard *et al.*, 2011; Nardi *et al.*, 2002; Eyheraguibel *et al.*, 2008; Khaled e Fawy, 2011; Ayuso *et al.*, 1996). Per il suo contenuto in sostanze nutritive solubili, è stato proposto l'impiego del percolato recuperato dal cumulo in fase di compostaggio (Diver, 2002); tale prodotto, però, ha bisogno di un intervento di sanifi-

\* massimo.zaccardelli@entecra.it

cazione e non è adatto per applicazioni fogliari (ROU, 2006). Altri due importanti derivati dei compost sono gli estratti acquosi semplici ed i compost tea (CT), che posseggono le maggiori potenzialità di successo. Questi due prodotti si differenziano essenzialmente per il processo di produzione. L'estrazione in acqua delle componenti solubili e sospensibili dei compost avviene mediante un processo quasi istantaneo portato avanti appena per qualche ora (Joshi *et al.*, 2009). In tal caso la composizione del formulato liquido dipende solo da quella del compost di origine. I CT, invece, sono prodotti in seguito ad un processo di ossidazione o fermentazione che determinano, rispetto al compost di partenza, condizioni nuove per le principali caratteristiche chimiche e microbiologiche (Ingham, 1999).

I CT sono in grado di produrre effetti benefici quando applicati alle piante, mostrando interessanti capacità soppressive nei confronti dei patogeni di diverse specie agrarie e influenzando la fisiologia della pianta, stimolandola e rendendo più efficiente l'utilizzo dei nutrienti, con conseguenti ripercussioni positive sugli aspetti quantitativi e qualitativi delle produzioni (Reeve *et al.*, 2010). Nella componente chimica dei CT non è trascurabile la presenza delle sostanze umiche e di elementi nutrizionali. Inoltre, questi formulati presentano una grande quantità e diversità di microrganismi quali batteri, funghi, protozoi e nematodi, potenzialmente utili per le loro proprietà soppressive e/o di promozione della crescita delle piante.

Lo scopo di questa review è quello di passare in rassegna le principali conoscenze acquisite, fino ad oggi, circa l'impiego dei compost-tea in orto-frutticoltura, sia nell'ambito della difesa fitosanitaria che in quello della biostimolazione delle piante.

### Produzione di CT

Il CT è un formulato organico estratto da compost di qualità mediante fermentazione od ossigenazione in fase liquida, condotta per un periodo di tempo che può variare da alcune ore fino a due settimane. La fermentazione avviene senza areazione per la produzione di CT non areati mentre, i CT areati, sono prodotti mediante ossigenazione. Il CT è costituito da una sospensione acquosa di microrganismi utili e molecole organiche ed inorganiche idrosolubili estratte dal compost, che possono avere un effetto positivo sia sull'accrescimento e lo sviluppo delle piante, sia nella difesa dalle malattie. Esso viene prodotto all'interno di un biofermentatore. Questo particolare impianto può variare dal complesso al semplice, con poca o

nessuna implicazione sull'efficacia del prodotto. Pertanto, è possibile imbattersi in fermentatori artigianali cosiddetti "on farm" (fig. 1), oppure in impianti progressivamente più sofisticati che, sebbene avanzati nella tecnologia devono assicurare, nel caso di produzione di CT areati, un'ossigenazione completa ed uniforme della massa ed un'efficiente estrazione del compost, quest'ultimo collocato in un sacco permeabile riposto all'interno del fermentatore. L'ossigenazione della massa liquida può essere conseguita mediante il ricircolo continuo del liquido estraente oppure attraverso areazione diretta mediante insufflazione attiva. Un'innovazione di processo proposta negli ultimi anni in merito alla produzione di CT particolarmente efficienti riguarda l'impiego di additivi in sostituzione parziale o totale dell'acqua nella formulazione della fase liquida. La ricerca propone, infatti, anche l'impiego di estraenti diversi dall'acqua, come i diversi reflui di scarto dell'industria agro-alimentare, quali siero di latte, latticello, borlanda e melasse (Pane *et al.*, 2010; 2012b). Tali materiali sono stati proposti sia come estraenti che come additivi. Nell'ultimo caso, la lista degli additivi si arricchisce ulteriormente di altri materiali, come caseine e



Fig. 1 - Fermentatore multiplo areato per la produzione di compost-tea aziendale.

Fig. 1 - Areated liquid-based multi-extractor system for compost tea on farm production.

farine di pesce (Al-Mughrabi, 2006; 2007; Pane *et al.*, 2012b). Il fine di queste sostituzioni risiede nel miglioramento della qualità della componente biotica ed abiotica determinante ai fini dell'efficacia del prodotto finale.

### Composizione dei CT

Il CT contiene, disciolte in soluzione acquosa, una grande quantità di sostanze di natura organica ed inorganica, che rappresentano per le piante veri e propri nutrienti a pronto effetto. Nel CT sono presenti azoto, fosforo e potassio ed una abbondante quantità di acidi umici e fulvici. In genere, la salinità del CT non raggiunge valori di tossicità per le piante. Se il compost di origine non è di qualità, in particolare a causa del contenuto in metalli pesanti oltre i limiti di legge, elementi come piombo, cadmio, rame e ferro possono essere rilasciati nel CT in forma estremamente biodisponibile durante l'estrazione (tab. 1). Dunque, ripetuti trattamenti potrebbero aumentare la concentrazione di metalli pesanti nel terreno irrorato e determinare, a lungo andare, un impatto negativo sull'ambiente e sulla salute umana. Se il compost è, invece, di qualità, la concentrazione di metalli pesanti nel CT è molto bassa e l'impatto sul suolo e sull'ambiente decisamente trascurabile (Palese *et al.*, 2011), soprattutto se paragonato all'apporto diretto di compost

Tab. 1 - Proprietà chimiche di un compost-tea ottenuto, dopo 48 ore di estrazione in acqua, da compost da frazione organica di rifiuti solidi urbani come riportate da Palese *et al.*, (2011).

Tab. 1 - Chemical properties of a compost teas, obtained after 48 hours water extraction of municipal waste compost as reported by Palese *et al.*, (2011).

Proprietà Chimiche		Compost-tea
pH		8,6
Conducibilità Elettrica	(mS cm <sup>-1</sup> )	4,45
N-totale	(gr 100 gr <sup>-1</sup> )	97
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	(ppm)	24
Ca	(mg l <sup>-1</sup> )	51
Mg		12
K		373
Na		103
Fe		1,86
Cu		0,20
Zn		0,32
Mn		0,18
Cr		0,0244
Cd		0,0
Ni		0,037
Pb		0,04

(Baldantoni *et al.*, 2010). Una componente abiotica molto importante dei CT è rappresentata dalla frazione umica. È stato riportato che le sostanze umiche possono essere presenti nei CT anche con punte di 0,66 g l<sup>-1</sup> usando un additivo acidificante come la scotta (Ciancio, 2010). Le sostanze umiche (da *humus*) sono originate dalla degradazione chimica e biologica dei residui organici. Tali processi, a causa dell'elevata variabilità dei materiali di partenza e dell'elevato numero di reazioni coinvolte, portano alla formazione di strutture organiche complesse, altamente eterogenee, ad alto peso molecolare ed alto contenuto di carbonio, più stabili rispetto ai materiali di partenza e, quindi, in grado di resistere più a lungo nel suolo. Generalmente, le sostanze umiche vengono distinte in tre frazioni: gli acidi fulvici e umici, le cui caratteristiche chimiche e fisiche sono riportate in figura 2 e l'umina (Stevenson, 1994).

Anche la composizione microbiologica dei CT è in grado di influenzare la propensione a particolari destinazioni d'uso. Nei CT è contenuta in sospensione un'elevata diversità microbica che comprende batteri, attinomiceti, lieviti e funghi, sia saprofiti che micorrizici. Sotto questo aspetto, Palmer *et al.* (2010) hanno chiarito che la diversità, più che l'abbondanza delle popolazioni microbiche, è considerata quale fattore principale che contribuisce alla qualità microbiologica di un CT. Tali microrganismi sono capaci di conferire al tea proprietà specifiche, come quella di controllo biologico delle principali malattie crittogamiche e/o di biostimolazione dell'accrescimento vegetativo e della produttività delle piante.

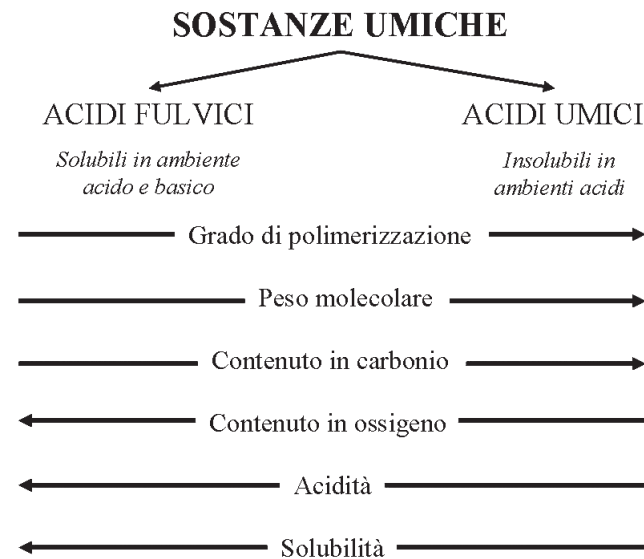


Fig. 2 - Caratteristiche generali degli acidi umici e fulvici contenuti nei compost tea.

Fig. 2 - General characteristics of humic and fulvic acids contained in the compost tea.

La componente microbica del CT è influenzata dalle diverse variabili del processo di fermentazione/ossidazione. In uno studio recente (Shrestha *et al.*, 2011) è stato riportato che la maggiore efficienza di estrazione di sostanze nutritive e l'aumento della popolazione microbica è legata all'adozione di condizioni specifiche nella produzione di tea. In particolare, è stato indicato in 1:10 il rapporto ottimale compost/acqua per assicurare uno scambio continuo tra le due fasi e il mantenimento del livello di ossigeno superiore alla concentrazione limite di 6 ppm.

Inoltre, è data particolare enfasi all'utilizzo di additivi in fase di fermentazione/ossidazione finalizzato all'incremento di biomassa microbica (Scheuerell, 2006). Quest'ultimo aspetto, però, è tuttora molto dibattuto. Se, da un lato, gli additivi possono incidere in maniera efficace sulla comunità microbica del tea aumentando, per esempio, la biodiversità, dall'altro rischiano di stimolare lo sviluppo di batteri pericolosi per la salute umana quali, per esempio, *Escherichia coli* (Scheuerell, 2003).

### **Biostimolazione delle specie ortive mediante CT**

I formulati organici oggetto della presente review, quando applicati direttamente alle piante, sortiscono in diversi casi degli effetti di biostimolazione. Tali effetti sono rappresentati da aumenti di produzione e, più in generale, incrementi della biomassa vegetale, ma anche da una spinta fisiologica. Sono stati suggeriti diversi meccanismi legati all'attività di biostimolazione dei CT. In particolare sono stati descritti effetti diretti e/o indiretti sulla nutrizione delle piante (Aguirre *et al.*, 2009; Virgine Tenshia e Singaram, 2005), attività ormono-simili (Bernal-Vicente *et al.*, 2008; Mora *et al.*, 2010), miglioramento dell'efficienza fotosintetica (Siddiqui *et al.* 2008), inoculo di microrganismi utili per la nutrizione delle piante (Bess, 2000; Scheuerell, 2002; Lanthier, 2007; Recycled Organics Unit, 2006) e promotori della crescita (Baldotto *et al.* 2010), miglioramento delle condizioni fitosanitarie (Scheuerell e Mahaffee, 2002).

Esistono numerosi risultati in letteratura circa l'impiego di CT come biostimolanti organici in orticoltura. È il caso, per esempio, di *Centella asiatica* L., in cui applicazioni di CT hanno determinato aumenti di crescita vegetativa, di produzione e del contenuto di sostanze antiossidanti, quali asiaticoside, madecassoside e acido asiatico, nelle piante (Siddiqui *et al.* 2011). In maniera simile, applicazioni fogliari di CT hanno mostrato effetti significativi di biostimolazione su piante di *Abelmoschus esculentus* rispetto a caratteri morfologici (altezza della parte epigea, lun-

ghezza delle radici, numero di foglie e area fogliare), caratteri fisiologici (contenuto in clorofilla e tasso fotosintetico) e produttivi (Siddiqui *et al.* 2008). Recentemente (Pane *et al.*, 2012a) sono stati ottenuti risultati molto interessanti su pomodoro da industria irrorato, ogni 7-10 giorni, con CT ottenuti da compost di origine vegetale. Questi trattamenti hanno determinato incrementi di produzione di bacche molto elevati (in media 46%), oltretutto in assenza di trattamenti fungicidi. Questo risultato, confermato anche l'anno seguente (dati non ancora pubblicati) evidenzia come i CT possano svolgere la duplice azione di biostimolazione e protezione. Su melone, applicazioni radicali di tea prodotti con compost derivati da residui della filiera agrumicola hanno fatto registrare un incremento lieve, ma significativo, della biomassa totale, per effetto dell'azione di molecole con attività auxino- e citochino-simile (Bernal-Vicente *et al.*, 2008).

Nell'attività di biostimolazione registrata per i compost tea la componente abiotica, in particolare quella riferita agli acidi umici, sembra giocare il ruolo principale. È stato riportato, infatti, che tali molecole possono indurre incrementi produttivi mediante azione diretta sulla fisiologia e nutrizione delle piante, anche quando applicati in forma purificata (Varanini e Piton, 2011; Virgine Tenshia e Singaram, 2005; Hartz e Bottoms, 2010; Selim *et al.*, 2009; 2010; Mora *et al.*, 2010). Per esempio, acidi umici derivati da vari compost hanno stimolato la crescita vegetativa di cicoria (Valdrighi *et al.*, 1996), aumenti di crescita radicale in peperone (Arancon *et al.*, 2003), incrementi di biomassa in cetriolo e pomodoro (Atiyeh *et al.*, 2002). Tali azioni svolte dagli acidi umici a livello fisiologico ed implicate nella nutrizione, possono essere sotto controllo genico (Aguirre *et al.*, 2009). In tabella 2 sono riportati i diversi esempi di biostimolazione esposti in questo paragrafo.

### **Biostimolazione delle specie frutticole mediante CT**

L'applicazione di CT sulle colture frutticole può svolgere una significativa azione biostimolante migliorandone l'adattabilità all'ambiente pedo-climatico e le risposte produttive. Di seguito si riporta quanto disponibile nella letteratura recente sull'impiego di CT nel settore frutticolo e sulle loro specifiche azioni biostimolanti (tab. 3). L'uso del CT in frutticoltura si è di recente affermato in alcuni Paesi (soprattutto Australia e Stati Uniti) essenzialmente come strumento per il controllo di certi patogeni della parte aerea, come fonte di inoculo di microrganismi in grado di arricchire le popolazioni microbiche del suolo e potenziarne l'attività, come veicolo di elemen-

Tab. 2 - Esempi di biostimolazione da compost tea impiegati in orticoltura.  
 Tab. 2 - Examples of biostimulation due to compost tea used on vegetable crops.

Biostimolante	Coltura biostimolata	Effetto biostimolante	Bibliografia
Acidi umici	Pomodoro	Incremento dell'altezza delle piante, dell'area fogliare e del peso secco di germogli e radici - incremento dell'assorbimento di macro e microelementi (aumento dell'efficienza d'uso dei nutrienti)	Atiyeh <i>et al.</i> , 2002
Acidi umici estratti da vermicompost	Peperone e fragola	Incremento della crescita delle radici	Arancon <i>et al.</i> , 2003
Acidi umici estratti da vermicompost	Cetriolo	Incremento dell'altezza delle piante, dell'area fogliare e del peso secco di germogli e radici	Atiyeh <i>et al.</i> , 2002
Compost + acidi umici associati ad amminoacidi	Fagiolo	Incremento di produzione	Shehata e El-Helaly, 2010
Acidi umici	Cicoria	Biostimolazione	Valdrighi <i>et al.</i> , 1996
Compost-tea + concimi NPK a metà dose	<i>Centella asiatica</i>	Incremento della crescita vegetativa, della produzione e del contenuto di sostanze antiossidanti nelle piante	Siddiqui <i>et al.</i> , 2011
Compost-tea vegetali	<i>Abelmoschus esculentus</i>	Incremento dello sviluppo vegetativo, dell'efficienza fotosintetica e della produzione	Siddiqui <i>et al.</i> , 2008
Compost-tea	Colza	Promozione della crescita	Keeling <i>et al.</i> , 2003
Compost-tea da scarti dell'industria agrumicola	Melone	Incremento della biomassa totale	Bernal-Vicente <i>et al.</i> , 2008
Compost-tea da scarti vegetali	Pomodoro	Incremento della produzione di bacche (in media 46%)	Pane <i>et al.</i> , 2012a

Tab. 3 - Esempi di biostimolazione da compost tea impiegati in frutticoltura.  
 Tab. 3 - Examples of biostimulation due to compost tea used on fruit crops.

Biostimolante	Coltura biostimolata	Effetto biostimolante	Bibliografia
Compost-tea da rifiuti compostati aziendali+ sostanze antiossidanti quali acido ascorbico ed acido citrico (soli o combinati fra loro)	Melograno	Aumento del contenuto fogliare di macro e micro elementi, prolina, clorofilla a, clorofilla b - Aumento della produzione e miglioramento della sua qualità (dimensioni e peso del frutto, acidità, zuccheri totali, vitamina C, contenuto in antociani)	Fayed, 2010
Compost-tea	Pero	Aumento della concentrazione dei macro e microelementi nelle foglie di piante trattate	Mostafa <i>et al.</i> , 2009
Compost-tea areato, senza additivi	Pero	Aumento crescita vegetativa (lunghezza germogli e circonferenza del tronco) – incremento della produzione cumulata per albero	van Schoor, 2009
Compost-tea	Arancio	Aumento della concentrazione dei macro e microelementi nelle foglie di piante trattate	Mohamed <i>et al.</i> , 2010
Compost-tea di diversa origine (paglia di riso e residui di potatura), distribuiti da soli o abbinati fra loro, con o senza acido citrico	Vite	Aumento del contenuto in N, P, K e clorofilla nei piccioli – Aumento attività vegetativa (lunghezza germogli, materiale di potatura) – Maggiore produzione e contenuto in zuccheri ed antociani totali nella buccia degli acini	Mostafa <i>et al.</i> , 2011
Compost-tea non areati da rifiuti solidi urbani e compost da letame	Lampone	Aumento della concentrazione di K nelle foglie e nei frutti – Aumento del contenuto in Na delle foglie	Hargreaves <i>et al.</i> , 2008
Acidi umici estratti da suolo e compost	Vite (uva da tavola)	Aumento crescita dei germogli; Valori maggiori di N, clorofilla, SPAD nelle foglie; Maggiore dimensione degli acini; Contenuto superiore in solidi solubili totali (°Brix); Valori superiori °Brix/acidità e pH	Ferrara <i>et al.</i> , 2007
Acidi umici (isolati da vermicompost) con o senza inoculo di batteri endofiti ( <i>Burkholderia spp.</i> )	Ananas	Piante propagate <i>in vitro</i> : riduzione del periodo critico di acclimatazione, miglioramento della crescita, aumento del contenuto in nutrienti (N, P, K, Ca, Mg)	Baldotto <i>et al.</i> , 2010

ti minerali utili per la nutrizione delle piante (Bess, 2000; Scheuerell, 2002; Lanthier, 2007; ROU, 2006). Circa quest'ultimo aspetto, va sottolineato che il CT contiene sia le sostanze nutritive solubili del compost di origine che gli elementi nutritivi aggiunti con gli additivi e prodotti dai microrganismi.

Un recente lavoro (Fayed, 2010) riporta i risultati dell'applicazione di CT, con o senza sostanze antiossidanti (acido ascorbico e/o acido citrico), sui costituenti chimici delle foglie di piante di melograno (macro e micro elementi, prolina, clorofilla a, clorofilla b) e sulla quantità e qualità della produzione (dimensioni e peso del frutto, acidità, zuccheri totali, vitamina C, contenuto in antociani). In generale, lo studio riporta un effetto positivo della somministrazione di CT su tutti i caratteri esaminati, soprattutto per quanto riguarda il contenuto delle sostanze antiossidanti nei frutti. I risultati migliori si sono ottenuti con l'applicazione fogliare, piuttosto che con la distribuzione al suolo. E' risaputo che la distribuzione fogliare è molto efficiente ed in condizioni di scarsità d'acqua rende indipendente la nutrizione della pianta dalla disponibilità idrica del suolo, interferisce minimamente con il ciclo umificativo del suolo ed ha un'azione stimolante sull'attività dell'apparato radicale. In particolare, un aumento della concentrazione dei macro e microelementi nelle foglie di piante trattate con CT di diversa tipologia, è riportato anche da altri autori su pero ed arancio (Mostafa *et al.*, 2009; Mohamed *et al.*, 2010). E' noto come in frutticoltura il contenuto fogliare in elementi minerali sia un utile indicatore dello stato nutrizionale della pianta e, di concerto con le analisi del suolo, costituisca uno strumento per la programmazione degli interventi fertilizzanti. I trattamenti con CT potrebbero prevenire o sostituire gli interventi chimici di concimazione fogliare, eseguiti per avere una pronta risposta dalle piante con carenze nutrizionali. Un significativo aumento della concentrazione di N, P, K e clorofilla è stato osservato anche da Mostafa *et al.* (2011) nelle foglie di vite trattate con CT di diversa origine, distribuiti da soli o combinati fra loro, con o senza acido citrico. Gli stessi autori hanno riscontrato un incremento della produzione ed il miglioramento di alcuni caratteri ad essa legati (zuccheri ed antociani totali nella buccia dell'acino), un maggiore sviluppo dei germogli ed un aumento della quantità di materiale di potatura nelle tesi trattate con CT rispetto al controllo trattato con acqua.

Hargreaves *et al.* (2008) hanno comparato, su mirtillo, l'effetto di applicazioni al suolo di diverse tipologie di compost e applicazioni fogliari dei relativi CT. I diversi trattamenti hanno determinato simili

livelli produttivi, capacità antiossidante totale dei frutti e contenuto in vitamina C, mentre la concentrazione di K nelle foglie e nei frutti era inferiore nel trattamento con i CT. Nelle foglie trattate con CT la concentrazione fogliare di Na era superiore ai trattamenti con compost, suggerendo un assorbimento preferibilmente fogliare dell'elemento. van Schoor (2009) in un pero trattato al suolo con CT, ha riscontrato effetti positivi sullo sviluppo vegetativo e sulla produzione cumulata per pianta. Nel lavoro si ipotizza l'uso delle applicazioni mensili di estratti di compost per la sincronizzazione dell'offerta di nutritivi con il fabbisogno delle piante.

Fra i possibili inconvenienti dell'uso del CT in frutticoltura, così come in orticoltura, vi potrebbe essere la formazione di macchie sui frutti, dato il colore scuro della soluzione. In caso di utilizzo su uve da vino, il trattamento con CT potrebbe determinare la morte dei lieviti autoctoni presenti sulla buccia; tale problema non è importante nelle cantine dove si usa re-inoculare il mosto. E' da valutare anche la potenziale azione attrattiva dei costituenti organici del CT nei confronti delle mosche (es. mosca della frutta, mosca dell'olivo). Altro fattore da non trascurare, soprattutto se per l'estrazione del CT si utilizzano mezzi acidi (latticello, siero, ecc) come additivi nutrizionali, è la possibile azione dei chelanti in essi disciolti, che si potrebbero legare con il rame presente sulla superficie fogliare aumentandone l'assorbimento all'interno dei tessuti vegetali (in caso di trattamenti fogliari), potenziandone l'azione fino a livelli di tossicità. Apporti al suolo della stessa tipologia di CT potrebbe indurre fenomeni di accumulo da metalli pesanti negli strati interessati dai trattamenti, dovuto all'apporto diretto e alla mobilizzazione dei metalli endogeni del suolo, senza trascurare possibili fenomeni di migrazione dei metalli pesanti negli orizzonti profondi (Hargreaves *et al.*, 2008).

Anche su colture arboree da frutto è stato indagato da vari autori l'effetto biostimolante delle sole sostanze umiche derivate da compost, evidenziando tutto il potenziale delle frazioni abiotiche contenute nei CT. Baldotto *et al.* (2010) hanno riportato una risposta positiva di piantine di ananas (cv Vitória) propagate *in vitro* quando sottoposte a trattamenti epigei con acidi umici isolati da vermicompost. L'incremento della crescita vegetativa (germogli e radici) e del contenuto in elementi minerali (N, P, K, Ca, Mg) osservato durante il periodo critico di acclimatazione, era potenziato nel caso di trattamenti combinati con l'inoculazione radicale di batteri endofiti promotori della crescita appartenenti al genere *Burkholderia*. Hagg *et al.* (2011) hanno riscontrato un miglioramento dei

caratteri di crescita di piantine di olivo (cv Egazi) in vivaio quando trattate con sostanze umiche distribuite al suolo a differenti dosi. Ferrara *et al.* (2007), in piante di uva da tavola (cv Italia) trattate per via fogliare con acidi umici estratti da suolo e compost, hanno riscontrato un incremento della crescita dei germogli, un maggiore contenuto fogliare di azoto e clorofilla, valori di SPAD più elevati, maggiori dimensioni degli acini e, dunque, una produzione maggiore. I campioni di acini prelevati alla raccolta dalle piante trattate con acidi umici, presentavano una concentrazione in solidi solubili totali ( $^{\circ}$ Brix), rapporto  $^{\circ}$ Brix/acidità e pH superiori al controllo (irrorato con acqua), mentre l'acidità titolabile risultava inferiore.

### Impiego di CT nella protezione delle colture ortofrutticole

La difesa delle piante viene diffusamente realizzata mediante l'impiego consistente di fungicidi di sintesi che, a fronte dei vantaggi di tipo pratico ed economico che possono offrire, si scontra con la crescente richiesta di riduzione degli input chimici in agricoltura, per garantire maggiore sostenibilità alle produzioni e sicurezza in termini di salute umana. La ricerca di alternative eco-compatibili ha aperto la strada allo studio di nuovi formulati naturali per la lotta ai patogeni fungini. Tra questi, i CT stanno riscuotendo un grande interesse nel mondo agricolo, grazie alla loro concreta capacità di sostituirsi parzialmente o totalmente ai fungicidi tradizionali nel controllo di molte malattie crittogamiche di colture sia ortive che arboree (Scheuerell e Mahaffee, 2002).

Sono stati ipotizzati diversi meccanismi per spiegare la soppressività dei CT nei confronti di patogeni agenti di malattie delle piante. Numerosi studi concordano sul fatto che il principale contributo alla soppressività viene dalla componente biotica di tali formulati, ed in particolare da quei microrganismi che possono agire come antagonisti dei patogeni. In tal caso, i CT possono essere considerati più propriamente dei validi mezzi per il controllo biologico delle malattie delle colture. È stato ampiamente riportato che, in seguito alla sterilizzazione, i CT possono andare incontro ad una drastica riduzione della loro efficacia di biocontrollo (El-Masry *et al.*, 2002).

I microrganismi contenuti nel tea possono esplicare la propria azione antagonistica attraverso i classici meccanismi di micoparassitizzazione, antibiosi (fig. 3) (Bernal-Vicente *et al.*, 2008) e di competizione per lo spazio, per i nutrienti e/o per i siti di infezione (Segarra *et al.*, 2009). Non sempre, però, la comunità microbica del tea è essenziale ai fini del controllo

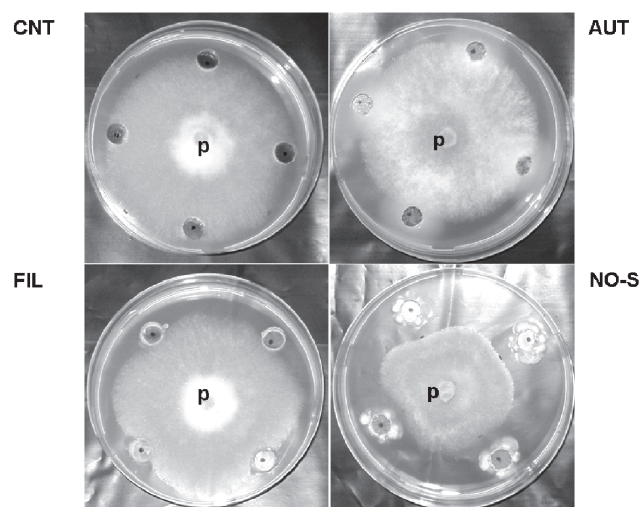


Fig. 3 - Effetto del compost tea non sterile (NO-S), filtro sterile (FIL) ed autoclavato (AUT) sullo sviluppo miceliare *in vitro* del patogeno (p) *Botrytis cinerea*, comparato con il controllo inoculato con acqua sterile (CNT).

Fig. 3 - Effect of not-sterile (NO-S), filter sterile (FIL) and autoclaved (AUT) compost tea on *in vitro* mycelial development of the pathogen (p) *Botrytis cinerea*, compared to water control (CNT).

delle malattie. In uno studio recente è stato dimostrato che l'efficacia del formulato non dipende solo dalla presenza di una microflora antagonista (Al-Dahamani *et al.*, 2003). In tal caso è stato ipotizzato che anche la componente abiotica del CT può avere un ruolo importante nel determinismo della soppressività. Nutrienti e molecole organiche, come sostanze umiche e fenoliche contenute nel tea, possono a loro volta contribuire in maniera significativa alla protezione della pianta mediante l'esplicarsi di effetti di tossicità diretta che inibiscono e/o limitano l'attività patogena del fungo. Frazioni umiche (acidi umici e fulvici) e frazioni humus-simili sono composte da molecole organiche naturali bioattive che possono influenzare direttamente e/o indirettamente la pianta e/o il patogeno ed essere, quindi, capaci di indurre la soppressione delle malattie. In tal caso, però, i meccanismi di azione non sono pienamente conosciuti, sebbene recenti studi hanno dimostrato una relazione significativa tra le proprietà chimiche e funzionali di tali gruppi di sostanze e la loro capacità di inibire i funghi fitopatogeni (Loffredo *et al.*, 2008; Loffredo e Senesi, 2009; Moliszewska e Pisarek, 1996). Inoltre, gli effetti di tali molecole possono determinare il miglioramento dello stato nutrizionale e fisiologico delle piante, che esibiscono minore suscettibilità alle avversità biotiche. Miscela di acidi umici e fulvici applicate a suoli naturalmente infetti da *Fusarium* spp., per esempio, hanno determinato, su pomodoro, un incremento significativo della biomassa radicale conseguente ad una riduzione della severità dei marciumi parassitari (Yigit e Dikiliatas, 2008). In base a quanto descritto, alcuni

studi hanno illustrato la possibilità di impiegare direttamente le sostanze umiche derivate da vari tipi di compost nel controllo *in vitro* e *in vivo* dei patogeni vegetali. E' stato riportato che le frazioni umiche presenti nei compost possono sortire un effetto soppressivo diretto nei confronti di *Pythium ultimum* (Pane et al., 2011; Pascual et al., 2002). Anche sulle piante arboree le sostanze umiche possono avere effetti interessanti in chiave di difesa. Prodotti a base di acidi umici, applicati a pesco e albicocco, hanno mostrato livelli di controllo della gommosi parassitaria causata da *Botryosphaeria dothidea* e *Lasiodiplodia theobomae* (Li et al., 1995) mentre, su mandarino, sono state impiegate con successo per la riduzione dei marciumi radicali da *Fusarium solani* (El-Mohamedy e Ahmed, 2009). Recentemente è stata dimostrata l'efficacia di acidi umici quali induttori di resistenza a *Fusarium oxysporum* in soia, al pari di molecole come il BTH, tradizionalmente dotate di questo tipo di meccanismo d'azione (Abdel-Monaim et al., 2011).

Nella maggior parte dei casi le due componenti dei CT, biotica ed abiotica, svolgono funzioni complementari e sinergiche che si riflettono sulle proprietà soppressive dei CT. Basti pensare al ruolo di supporto nutrizionale che la componente abiotica svolge in favore di quella biotica. La pressione selettiva esercitata dalla componente abiotica dei CT nei riguardi della microflora residente, contribuisce a definirne la struttura ed il grado di biodiversità. Inoltre, non deve essere trascurato il ruolo che i metaboliti secondari prodotti dai microrganismi durante la fermentazione, possono giocare nel determinismo della soppressività. Componente biotica ed abiotica dei CT possono indurre resistenza sistemica nell'ospite e rivelare un altro meccanismo d'azione ampiamente riportato per tali formulati organici. Analizzando alcune attività enzimatiche nel tessuto vegetale come polifenolossidasi, perossidasi e fenilalanina-ammonio-liasi, correlate all'induzione di resistenza, è stato possibile rilevare questo tipo di risposta a *Choanephora cucurbitarum* in piante di *Cucurbita cucurbitarum*, trattate con CT sia sterilizzati mediante filtrazione che non sterilizzati (Siddiqui et al., 2009). Un fenomeno simile era stato precedentemente evidenziato anche in piante di pomodoro e cipolla trattate con CT non areati, nei riguardi di *Alternaria solani* e *A. porri*, rispettivamente (Haggag e Saber, 2007).

La letteratura offre una varietà di esempi nei quali i CT sono stati in grado di contenere avversità della parte epigea ed ipogea delle piante su diversi ospiti. I CT sono stati studiati su molti sistemi orticoli. Per alcune specie, come per esempio il pomodoro, questi formulati sembrano essere in grado di agire su un

quadro fitopatologico molto ampio, essendo stati provati con successo nel controllo di malattie fungine quali: vari oidi (*Oidium neolycopersici*, *Leveillula taurica* e *Erisiphe polygoni*), peronospora (*Phytophthora infestans*), muffa grigia (*Botrytis cinerea*), alternariosi (*Alternaria* spp.), septoriosi (*Septoria lycopersici*), radice suberosa (*Pyrenochaeta lycopersici*), rizottonosi (*Rhizoctonia solani*) (Elad e Shtienberg, 1994; Koné et al., 2010; Pane et al., 2007; Pane et al., 2012b; Segarra et al., 2009). Inoltre, sempre su pomodoro, sono state riportate applicazioni di CT anche per la soppressione di alcune malattie batteriche, come la picchiettatura causata da *Pseudomonas siringae* pv. *tomato* (Pane et al., 2007) e la macchiettatura batterica del pomodoro causata da *Xanthomonas vesicatoria* (Al-Dahmani et al., 2003). Su patata, applicazioni di CT in pieno campo si sono dimostrate incoraggianti per il contenimento di diversi patogeni di questa specie, tra cui: *Helminthosporium solani*, *Alternaria solani*, *Fusarium* sp., *Rhizoctonia solani* (Al-Mughrabi, 2006) e *Phytophthora infestans* (Al-Mughrabi, 2007; Al-Mughrabi et al., 2008). Recentemente (Celano et al., comunicazione personale), trattamenti alle radici con CT sono stati capaci di controllare il marciume della lattuga causato da *Sclerotinia sclerotiorum* (fig. 4).

Per quanto riguarda le piante da frutto e la vite i CT sono stati provati con successo per la difesa di molte specie di rilevante interesse economico. In vite tali formulati sono stati impiegati per il controllo delle principali fitopatie, quali muffa delle bacche (*Botrytis cinerea*) (Elad e Shtienberg, 1994), peronospora (*Plasmopara viticola*) (Achim e Schlosser, 1992) e oidio (*Uncinula necator*) (Lanthier, 2007). Su melo e pero, invece, i CT sono stati introdotti per ridurre la severità dei patogeni chiave per le due colture,

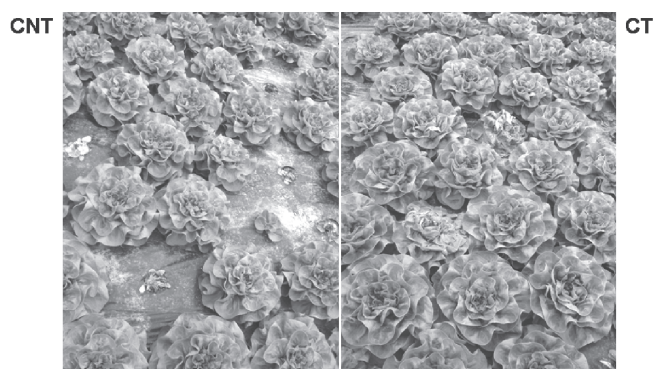


Fig. 4 - Soppressione del marciume della lattuga causato da *Sclerotinia sclerotiorum* mediante trattamenti radicali con compost tea (CT), comparato con il controllo (CNT) non trattato.  
Fig. 4 - Suppression of lettuce drop disease caused by *Sclerotinia sclerotiorum* by radical compost tea (CT) applications, compared to not treated control (CNT).



entrambi agenti di ticchiolatura (*Venturia inaequalis* e *V. pirina*, rispettivamente) (Pscheidt e Wittig, 1996).

Le variabili del processo produttivo influenzano in modo profondo la complessità microbiologica e molecolare di questi composti organici dalla quale dipende, in gran parte, lo sviluppo di un'azione soppressiva nei riguardi dei patogeni delle piante. Tra i parametri del processo di produzione dei CT, qualità del compost e impiego di additivi, sia in fase di fermentazione che in quella di uso, sembrano in grado di influenzare maggiormente l'efficacia del preparato, rispetto ad altre variabili. Compost dotati di proprietà soppressive sono potenzialmente in grado di generare CT di alta qualità e particolarmente efficaci nelle attività di biocontrollo (Joshi *et al.*, 2009). Oltre alle caratteristiche intrinseche, anche l'età del compost può indirizzare la qualità del prodotto finale. Una ricerca recente ha dimostrato che CT areati, prodotti da compost immaturi testati sul sistema fava/muffa grigia (*Botrytis cinerea*), sono risultati maggiormente soppressivi rispetto a quelli derivanti da compost più stabili (Palmer *et al.*, 2010). L'aggiunta di additivi quali nutrienti che promuovono la crescita microbica e/o sostanze ad azione antifungina come gli acidi umici (Ingham, 2005) e/o antagonisti per la produzione di formulati bioattivi (Siddiqui *et al.*, 2008), in genere esaltano le potenzialità di CT soppressivi, aumentandone l'efficienza ed ampliandone lo spettro d'azione. L'aggiunta di additivi anche in piccole dosi può dare effetti macroscopici. Il siero di latte, per esempio, aggiunto al CT all'atto del trattamento, alla concentrazione finale di appena l'1%, ha determinato una significativa riduzione dei sintomi di peronospora (*Phytophthora infestans*) su patata (Al-Mughrabi, 2007). Tra i rimanenti parametri di produzione, l'aerazione non sembra molto determinante ai fini dell'efficacia del CT. Comparazioni dirette di CT areati e non areati non hanno mostrato differenze significative nella soppressione, *in vitro*, dell'agente della ticchiolatura del melo (*Venturia inaequalis*) (Cronin *et al.*, 1996) ed, *in vivo*, di *Pythium ultimum* su cetriolo (Scheuerell e Mahaffee, 2004) e di *Xanthomonas vesicatoria* su pomodoro (Al-Dahamani *et al.*, 2003).

L'applicazione dei formulati organici a scopo di difesa, in genere è realizzato alla stregua dei fungicidi tradizionali presenti in commercio, cioè mediante la bagnatura fogliare o attraverso quella delle radici delle piante, agevolata da macchine irroratrici e/o mini-sprinkler. Nel caso della distribuzione dei CT bisogna fare attenzione alle pressioni di esercizio, che non devono eccedere oltre certi livelli onde preservare l'integrità della microflora residente. I CT possono essere applicati mediante irrorazioni fogliari sia in fase pre-

ventiva che curativa. Un lavoro condotto con diversi CT ha indicato che le applicazioni preventive del tea sono più efficaci di quelle curative, come conseguenza della possibilità di sviluppo epifita dei microbi del tea e le maggiori possibilità di interazione di questi con i propaguli infettivi del patogeno (Koné *et al.*, 2010). I CT sono in genere impiegati tal quali o ulteriormente diluiti da 1:5 a 1:10. Le dosi di impiego in pieno campo sono calibrate sul tipo di patogeno da controllare e sul tipo di coltura da proteggere. In genere, variano da circa 50 fino a 140 l ha<sup>-1</sup> nel caso di *Phytophthora infestans* su patata e fino a circa 900 l ha<sup>-1</sup> per il controllo di *Septoria lycopersici* su pomodoro (Al-Mughrabi, 2007). Le sostanze umiche, a differenza dei CT, sono già abbastanza presenti in commercio. Questo rende le modalità di applicazione meno arbitrarie, potendosi attenere molto scrupolosamente alle indicazioni poste in etichetta dal produttore.

## Conclusioni

Questa review ha presentato uno dei prodotti derivati dai compost con la maggiore potenzialità di diffusione nei sistemi ortofrutticoli. Una considerazione che nasce, in primo luogo, dai benefici che si possono conseguire attraverso una loro applicazione diretta alle piante e che sono stati ampiamente descritti sopra. Il miglioramento della produzione dal punto di vista quanti-qualitativo attraverso i due approcci, biostimolante e protettivo, racchiusi in un solo intervento rappresenta un traguardo tanto nobile quanto ambito per il mondo dei formulati per l'agricoltura. Affianco a questo, la semplice tecnologia di produzione dei CT che può realizzarsi anche con sistemi *on-farm*, cioè basati sull'impiego di mezzi aziendali, rende possibile addirittura l'auto-provvigionamento, con bassissimo costo per l'azienda agricola. Non bisogna tralasciare, infine, che l'impiego di formulati organici nella biostimolazione e difesa delle specie di interesse agrario rappresenta una delle strategie più efficaci per la realizzazione di produzioni a basso impatto ambientale e con notevole beneficio salutistico, cioè produzioni nelle quali viene annullato o limitato al massimo l'uso di input chimici di sintesi (concimi minerali e fitofarmaci). Alla luce di tutto questo, il compost tea rappresenta uno dei prodotti più innovativi oggi disponibili per l'agricoltura. Tuttavia, esso è suscettibile di nuove evoluzioni, frutto dell'attenzione che diversi gruppi di ricerca in tutto il mondo dedicano a tale argomento ed alle possibilità di sfruttare al massimo le favorevoli e promettenti proprietà dei CT. In futuro si andrà verso CT sempre migliori ed efficienti, arricchiti cioè in quelle loro componenti, sia

biotiche che abiotiche, maggiormente responsabili degli effetti di biostimolazione e difesa.

## Ringraziamenti

Si ringraziano il Mi.P.A.A.F. per aver finanziato il progetto “Pro.Vi.Se.Bio.”, la Regione Campania-Se.Si.R.C.A. per il finanziamento del progetto “FARMCOMPOST” e l’UE (fondi PSR 2007-2013 Regione Campania, Misura 124) per il finanziamento del progetto “BIOCOMPOST”.

## Riassunto

Negli ultimi anni hanno trovato largo impiego in agricoltura nuovi preparati naturali derivati da compost, quali i compost-tea (CT). I CT sono prodotti da un processo di estrazione e/o bio-ossidazione o fermentazione di compost in un mezzo liquido. Questi formulati organici stanno avendo grande riscontro nelle applicazioni *in vivo* grazie alla possibilità di sostituirsi, parzialmente o totalmente, ai fungicidi ed ai fertilizzanti minerali di sintesi, offrendo così una risposta concreta alla crescente esigenza di sostenibilità ambientale dei processi produttivi agricoli e di salubrità e sicurezza dei prodotti alimentari. Lo scopo di questo lavoro è quello di offrire un’ampia panoramica dei principali risultati conseguiti nel campo dell’utilizzo dei CT, sia per la difesa fitosanitaria che per la biostimolazione di specie ortive e frutticole.

**Parole chiave:** Agricoltura sostenibile, fermentazione, nutrizione vegetale, soppressività delle malattie, sostanza organica.

## Bibliografia

- ABDEL-MONAIM M.F., ISMAIL M.E., MORSY K.M., 2011. *Induction of systemic resistance of benzothiazole and humic acid in soybean plants against Fusarium wilt disease*. Mycobiology 39: 290-298.
- ACHIMU P., SCHLÖSSER E., 1992. *Control of Plasmoparaviticola with compost filtrates*. Mededelingen van de Faculteit Landbouwwetenschappen, Rijksuniversiteit Gent 56: 171-178.
- AGUIRRE E., LEMÉNAGER D., BACAICOA E., FUENTES M., BAIGORRI R., ZAMARRENO A., GARCÍA-MINA J., 2009. *The root application of a purified leonardite humic acid modifies the transcriptional regulation of the main physiological root responses to Fe deficiency in Fe-sufficient cucumber plants*. Plant Physiology and Biochemistry 47: 215-223.
- ALBIACH R., CANET R., POMARES F., INGELMO F., 2000. *Microbial biomass content and enzymatic activities after the application of organic amendments to a horticultural soil*. Bioresource Technology 75: 43-48.
- AL-DAHMANI J.H., ABBASI P.A., MILLER S.A., HOITINK H.A., 2003. *Suppression of bacterial spot of tomato with foliar sprays of compost extracts under green house and field conditions*. Plant disease 87: 913-919.
- AL-MUGHRABI K.I., 2006. *Antibiosis ability of aerobic compost tea against foliar and tuber potato diseases*. Biotech. 5: 69-74.
- AL-MUGHRABI, K.I., 2007. *Suppression of Phytophthora infestans in potatoes by foliar application of food nutrients and compost tea*. Aust. J. Basic and Applied Sciences 1: 785-792.
- AL-MUGHRABI K.I., BERTHÉLÉMÉ C., LIVINGSTON T., BURGOYNE A., POIRIER R., VIKRAM A., 2008. *Aerobic compost tea, compost and combination of both reduce the severity of common scab (Streptomyces scabiei) on potato*. J. Plant Sci. 3: 168-175.
- ARANCON N.Q., LEE S., EDWARDS C.A., ATIYEH R., 2003. *Effects of humic acids derived from cattle, food and paper-waste vermicomposts on growth of greenhouse plants*. Pedobiologia 47: 741-744.
- ATIYEH R.M., LEE S., EDWARDS C.A., ARANCON N.Q., METZGER, 2002. *The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth*. Bioresource Technology 84: 7-14.
- AYUSO M., HERNANDEZ T., CARCIA C., PASCUAL J.A., 1996. *Stimulation of barley growth and nutrient absorption by humic substances originating from various organic materials*. Bioresource Technology 57: 251-257.
- BALDANTONI D., LEONE A., IOVIENO P., MORRA L., ZACCARDELLI M., ALFANI A., 2010. *Total and available soil trace element concentrations in two Mediterranean agricultural systems treated with municipal waste compost or conventional mineral fertilizers*. Chemosphere 80: 1006-1013.
- BALDOTTO L.E.B., BALDOTTO M.A., CANELLAS L.P., BRESSAN-SMITH R., OLIVARES F., 2010. *Growth promotion of pineapple “Vitória” by humic acids and Burkholderia spp. during acclimatization*. Revista Brasileira de Ciencia do Solo, 34:1593-1600.
- BERNAL-VICENTE, A., ROS, M., TITTARELLI, F., INTRIGLIOLO, F., PASCUAL, J.A., 2008. *Citrus compost and its water extract for cultivation of melon plants in green house nurseries. Evaluation of nutriactive and biocontrol effects*. Bioresource Technology 99: 8722-8728.
- BESS V.H., 2000. *Understanding compost tea*. BioCycle 41: 71-72.
- CIANCIO D., 2010. *Valutazione in laboratorio di diversi compost tea*. Tesi di Laurea Magistrale in Scienze e Tecnologie Agrarie, Università della Basilicata, A.A. 2009-2010.
- CRONIN M.J., YOHALEM D.S., HARRIS R.F., ET AL., ANDREWS J.H., 1996. *Putative mechanism and dynamics of inhibition of the apple scab pathogen Venturiainaequalis by compost extracts*. Soil Biology & Biochemistry 28: 1241-1249.
- DIVER S., 2002. *Compost tea for plant disease control*. ATTRA, publ. available at <http://www.attra.org/attra-pub/comptea.htm>
- DIVER S., GREER L., 2001. *Sustainable Small-scale nursery production*. Horticulture System Guide. ATTRA, <http://www.attra.org/attra-pub/PDF/nursery.pdf>
- ELAD, Y., SHTIENBERG, D., 1994. *Effect of compost water extracts on grey mould (Botrytis cinerea)*. Crop Protection 13: 109-114.
- EL-MASRY, M.H., KHALIL, A.I., HASSOUNA, M.S., IBRAHIM, H.A.H., 2002. *In situ and in vitro suppressive effect of agricultural composts and their water extracts on some phytopathogenic fungi*. World Journal of Microbiology and Biotechnology 18: 551-558.
- EL-MOHAMEDY, R.S.R., M.A. AHMED. 2009. *Effect of biofertilizers and humic acid on control of dry root rot disease and improvement yield quality of mandarin (Citrus reticulata Blanco)*. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences 5: 127-137.
- EYHERAGUIBEL B., SILVESTRE J., MORARD P., 2008. *Effects of humic substances derived from organic waste enhancement on the growth and mineral nutrition of maize*. Bioresource Technology 99: 4206-4212.
- FAYED T.A., 2010. *Effect of compost tea and some antioxidant applications on leaf chimica constituents, yield and fruit qual-*

- ity of pomegranate. *World J. Agr. Sci.* 6: 402-411.
- FERRARA G., PACIFICO A., SIMEONE P., FERRARA E., 2007. Preliminary study on the effects of foliar applications of humic acids on 'Italia' table grape. Proc. XXXth O.I.V. World Congress: "An integrating wine world". Budapest, Hungary, 10-16 June 2007 (on cd).
- HAGAG, W.M., SABER, M.S.M., 2007. Suppression of early blight on tomato and purple blight on onion by foliar sprays of aerated and non-aerated compost teas. *Journal of Food, Agriculture & Environment* 5: 302-309.
- HAGAG L.F., SHAHIN M.F.M., EL-MIGEED M.M.M., 2011. Effect of NPK and Humic Substance Applications on Vegetative Growth of Egazy Olive Seedlings American-Eurasian. *Journal of Agrioltural& Environment Science* 11: 807-811.
- HARGREAVES J., ADL M.S., WARMAN P.R., VASANTHA RUPASINGHE H.P., 2008. The effects of organic amendments on mineral element uptake and fruit quality of raspberries. *Plant Soil* 308: 213-226.
- HARTZ T.K., BOTTOMS T.G., 2010. Humic substances generally ineffective in improving vegetable crop nutrient uptake or productivity. *HortScience* 45: 906-910.
- HICKMAN Z.A., REID B.J., 2008. The co-application of earthworms (*Dendrobaena veneta*) and compost to increase hydrocarbon losses from diesel contaminated soils. *Environment International* 34: 1016-1022.
- INGHAM, E.R., 1999. *What is compost tea? Part1*. *BioCycle* 40: 74-75.
- INGHAM, E.R., 2005. *The Compost Tea Brewing Manual*, 5th edition. Soil Foodweb, Incorporated, Corvallis, OR.
- JOSHI, D., HOODA, K.S., BHATT, J.C., MINA, B.L., GUPTA, H.S., 2009. Suppressive effects of composts on soil-borne and foliar diseases of French bean in the field in the western Indian Himalayas. *Crop Protection* 28: 608-615.
- KEELING A.A., MCKALLUM K.R., BECKWITH C.P., 2003. Mature green waste compost enhances growth and nitrogen uptake in wheat (*Triticum aestivum L.*) and oilseed rape (*Brassica napus L.*) through the action of water extractable factors. *Bioresource Technology* 90:127-132.
- KHALED H., FAWY H.A., 2011. Effect of different levels of humic acids on the nutrient content, plant growth, and soil properties under conditions of salinity. *Soil & Water Res.*, 6 : 21-29.
- KONÉ, S.B., DIONNE, A., TWEDDELL, R.J., ANTOUN, H., AVIS, T.J., 2010. Suppressive effect of non-aerated compost teas on foliar fungal pathogens of tomato. *Biol. Control* 52: 167-173.
- LANTHIER M., 2007. *Compost Tea and Its impact On Plant Diseases*. BC Organic Grower, 10: 7-11.
- LI H.Y., CAO R.B., MU Y.T., 1995. *In vitro* inhibition of *Botryosphaeria dothidea* and *Lasiodiplodia theobromae*, and chimica control of gummosis disease of Japanese apricot and peach trees in Zhejiang Province, China. *Crop Protection* 14: 187-191.
- LOFFREDO E., BERLOCO M., SENESI N., 2008. The role of humic fractions from soil and compost in controlling the growth in vitro of phytopathogenic and antagonistic soil-borne fungi. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 69: 350-357.
- LOFFREDO E., SENESI N., 2009. *In vitro* and *in vivo* assessment of the potential of compost and its humic acid fraction to protect ornamental plants from soil-borne pathogenic fungi. *Scientia Horticulturae* 122: 432-439.
- MOHAMED S.M., FAYED T.A., ESMAIL A.F., ABDOU N.A., 2010. Growth, nutrient status and yield of Le-Conte pear trees as influenced by some organic and biofertilizer rates compared with chemical fertilizer. *Bull. Fac. Agr. Cairo Univ.* 61: 17-32.
- MOLISZEWSKA E., PISAREK I., 1996. Influence of humic substances on the growth of two phytopathogenic soil fungi. *Environment International* 22: 579-584.
- MORA V., BACAICOA E., ZAMARRENO A.M., AGUIRRE E., GARNICA M., FUENTES M., GARCÍA-MINA J., 2010. Action of humic acid on promotion of cucumber shoot growth involves nitrate-related changes associated with the root-to-shoot distribution of cytokinins, polyamines and mineral nutrients. *J. Plant Physiol.* 167: 633-642.
- MORARD P., EYHERAGUIBEL B., MORARD M., J. SILVESTRE, 2011. Direct effects of humic-like substance on growth, water, and mineral nutrition of various species. *J. Plant Nutr.* 34:46-59.
- MOSTAFA M.F.M., EL-BORAY M.S.S., ABDELWAHAB A.F., BARAKAT R.A., 2009. Effect of enriched compost tea on Washington navel orange trees. *J. Agr. Sci., Mansoura Univ.*, 34: 10085-10094.
- MOSTAFA, M. F. M., EL-BAZEL-S. EL-B. T., ABD EL-WAHAB A.F., OMAR A.S.M., 2011. Using different sources of compost tea on grapes. *J. Plant Production* 2 : 935-947.
- NARDI S., PIZZEGHELLO D., MUSCOLO A., VIANELLO A., 2002. Physiological effects of humic substances on higher plants. *Soil Biology & Biochemistry* 34: 1527-1536.
- PALESE A.M., PANE C., QUINTO G.A., VILLECCO D., ZACCARDELLI M., CELANO G., 2011. Caratterizzazione di tea-compost ottenuti con differenti additivi. Atti del Convegno Nazionale "Recupero delle biomasse agricole, agroindustriali e urbane attraverso il compostaggio. Effetti dell'impiego dei compost in orticoltura", Scafati, 6-7 ottobre 2011.
- PALMER A.K., EVANS K.J., METCALFE D.A., 2010. Characters of aerated compost tea from immature compost that limit colonization of bean leaflets by *Botrytis cinerea*. *Journal of Applied Microbiology* 109: 1619-1631.
- PANE C., VALENTINI F., BONANOMI G., COZZOLINO L., ANTIGNANI V., PUOPOLO G., ZOINA A., SCALA F., 2007. Control of plant pathogens by using a compost tea. *J. Plant Pathol.* 89: 52.
- PANE C., CELANO G., VILLECCO D., ZACCARDELLI M., 2010. Suppressive effect of aerated compost teas produced in water and in whey on plant fungal pathogens. *J. Plant Pathol.* 92: 93.
- PANE C., SPACCINI R., PICCOLO A., SCALA F., BONANOMI G., 2011. Compost amendments enhance peat suppressiveness to *Pythium ultimum*, *Rhizoctonia solani* and *Sclerotinia minor*. *Biological Control* 56: 115-124.
- PANE C., VILLECCO D., ZACCARDELLI M., RONGA D., CELANO G., 2012a. Il compost-tea su pomodoro dà più resa e migliore qualità. *L'Informatore Agrario* 7: 43
- PANE C., CELANO G., VILLECCO D., ZACCARDELLI M., 2012b. Control of *Botrytis cinerea*, *Alternaria alternata* and *Pyrenochaeta lycopersici* on tomato with whey compost-tea applications. *Crop Protection* 38: 80-86.
- PASCUAL J.A., GARCIA C., HERNANDEZ T., LERMA S., LYNCH J.M., 2002. Effectiveness of municipal waste compost and its humic fraction in suppressing *Pythium ultimum*. *Microbial Ecology* 44: 59-68.
- PSCHIEDT J., WITTIG H., 1996. *Fruit and ornamental disease management testing program*. Extension Plant Pathology, O.S.U., Corvallis, Oregon.
- Recycled Organics Unit, 2006. *Overview of Compost Tea Use in New South Wales*. Recycled Organics Unit, internet publication: www.recycledorganics.com.
- REEVE J.R., CARPENTER-BOGGS L., REGANOLD J.P., YORK A.L., BRINTON W.F., 2010. Influence of biodynamic preparations on composts development and resultant compost extracts on wheatseedling growth. *Biores- Technol-* 101: 5658-5666.
- SHEHATA S.A., EL-HELALY M.A., 2010. Effect of compost, humic acid and amino acids on yield of snap beans. *Journal of Horticultural Science & Ornamental Plants* 2: 107-110.
- SCHUEERELL, S.J., MAHAFFEE, W.F., 2002. *Compost tea: principles and prospects for plant disease control*. *Compost Science and Utilization* 10: 313-338.
- SCHUEERELLS.J., 2003. *Understanding how compost tea can control disease*. *BioCycle* 44: 20-25.
- SCHUEERELL, S.J., 2006. *Variability associated with suppression of gray mold (Botrytis cinerea) on geranium by foliar applications of nonaerated and aerated compost teas*. *Plant Disease* 90: 1201-1208.

- SCHEUERELL, S.J., MAHAFFEE, W.F., 2004. *Compost tea as container medium drench for suppressing seedling damping-off caused by Pythiumultimum*. Phytopathology 94: 1156-1163.
- SEGARRA G., REIS M., CASANOVA E., TRILLAS M.I., 2009. *Control of powdery mildew (Erysiphe polygoni) in tomato by foliar applications of compost tea*. J. Plant Pathol. 91: 683-689.
- SELIM E.M., MOSA A.A., EL GHAMRY A.M., 2009. *Evaluation of humic substances fertigation through surface and subsurface drip irrigation systems on potato grown under Egyptian sandy soil conditions*. Agr. Water Management 96: 1218-1222.
- SELIM E.M., EL-NEKLAWY A.S., EL-ASHRY S.M., 2010. *Beneficial effect of humic substances on soil fertility to fertigated potato grown on sandy soil*. Libyan Agriculture Research Center Journal Internation 1: 255-262.
- SHRESTHA K., SHRESTHA P., WALSH K.B., HARROWER K.M., MIDMORE D.J., 2011. *Microbial enhancement of compost extracts based on cattle rumen content compost – Characterisation of a system*. Biores. Tech. 102: 8027-8034.
- SIDDIQUI Y., MEON S., ISMAIL M.R., ALI A., 2008. *Trichoderma-fortified compost extracts for the control of Choanephora wet rot in okra production*. Crop Protection 27 : 385-390.
- SIDDIQUI Y., MEON S., ISMAIL R., RAHMANI M., 2009. *Bio-potential of compost tea from agro-waste to suppress Choanephora cucurbitarum L. the causal pathogen of wet rot of okra*. Biological Control 49: 38-44.
- SIDDIQUI Y., ISLAM T.M., NAIDU Y., MEON S., 2011. *The conjunctive use of compost tea and inorganic fertiliser on the growth, yield and terpenoid content of Centella asiatica (L.) urban*. Scientia Horticulturæ 130: 289-295.
- STEVENSON F.J., 1994. *Humus chemistry: genesis, composition, and reactions*. 2nd ed. Wiley-Intersci., New York.
- VALDRIGHI M.M., PERA A., AGNOLUCCI M., FRASSINETTI S., LUNARDI D., VALLINI G., 1996. *Effects of composts-derived humic acids on vegetable biomass production and microbial growth within a plant (Cichorium intybus)-soil system: a comparative study*. Agr., Ecosys. Env. 58: 133-144.
- VAN SCHOOR L., 2009. *Effect of biological amendments on soil microbial properties and performance of pome fruit trees*. PhD Dissertation - Stellenbosch Uni.
- VARANINI Z., PINTON R., 2001. *Direct versus indirect effects of soil humic substances on plant growth and nutrition*. In: Pinton R, Varanini Z, Nannipieri P, editors. *The Rhizosphere*. Basel: Marcel Dekker; 2001:141-158.
- VIRGINE TENSIA J.S., SINGARAM P., 2005. *Influence of humic acid application on yield, nutrient availability and uptake in tomato*. The Madras Agr. J. 92: 670-676.
- YIGIT F., DIKILITAS M., 2008. *Effect of humic acid applications on the root-rot diseases caused by Fusarium spp. on tomato plants*. Plant Pathology J.1 7: 179-182.
- ZACCARDELLI M., PERRONE D., DEL GALDO A., GIORDANO I., VILLARI G., BIANCO M., 2006. *Multidisciplinary approach to validate compost use in vegetable crop systems in Campania Region (Italy): effect of compost fertilization on processing tomato in field cultivation*. Acta Horticulturæ 700: 285-288.
- ZACCARDELLI M., VILLECCO D., PANE C., RAGOSTA G., PALESE A.M., CELANO G., 2010. *Realizzazione di un sistema di compostaggio on farm dei residui di pomodoro*. Biol. It. 8: 63- 67.
- ZACCARDELLI M., PERRONE D., PANE C., PUCCI N., INFANTINO A., 2011. *Control of corky root of tomato with compost and role of spore-forming bacteria to inhibit Pyrenochaeta lycopersici*. Acta Hort. 914: 393-396.